

系。『我国国土辽阔,各地自然生态系统千差万别,很难用一种标准去要求各地区。各地区在制订地区性环境质量标准时,必须因地制宜,结合当地自然生态系统的特点,充分考虑环境有使污染物和生活有机体两者发生改变的作用,在这方面,生态毒理学的任务将是繁重而艰巨的。

参 考 文 献

- [1] Butler, G. C., Ed., *Principles of Ecotoxicology*, John Wiley and Sons, Chichester, New York,

Brisbane, Toronto, 1978.

- [2] Witschi, H. R., Ed., *The Scientific Basis of Toxicity Assessment*, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1980.
- [3] Hammons, A. S., Ed., *Methods for Ecological Toxicology*, Ann Arbor Science, Woburn, 1981.
- [4] Duluth Environmental Research Laboratory, EPA, USA, *Ecological Toxicology Research Program—Research Strategy*, 1981.
- [5] Cairns, J., Jr., *The Perspective of An Aquatic Ecologist, Proceedings of the Seminar on Development and Assessment of Environmental Standards*, 1983, R. C. Graber Exec. Dir. The American Academy of Environmental Engineers, Annapolis, Md., pp. 27—30, 1983.

氧化沟技术进展

邓 荣 森

(重庆建筑工程学院)

早在五十年代荷兰公共卫生工程研究所就着手进行一项研究,以发展简单而经济的小型城镇和工业废水处理方法,结果导致采用带有水平卧式转刷曝气器的跑道型式氧化沟的出现。第一套生产规模的氧化沟于1954年建成。1963年氧化沟才引入美国^[1]。在美国俄勒冈州 Beaverton 首先使用氧化沟来处理生活污水。此后,很快从墨西哥到阿拉斯加,氧化沟的使用遍及北美大陆。在六十年代中期,开始用氧化沟来处理大量废水。1969年美国俄亥俄州的 Greenville 城,兴建了一座每天处理 3.3 百万加仑城市污水的氧化沟,同年在衣阿华州建成一座处理日产 13 万听肉类罐头的工业废水之氧化沟。六十年代后期工程师们继续设计建造大型氧化沟,导致充氧能力更强的各类转刷出现并使用深型沟渠结构。深型氧化沟占地面积较小,每百万加仑废水只需四分之一英亩土地(相当于每处理 1000 米³废水占地不到 250m²)。目前氧化沟处理能力达到每天七百万加仑废水(相当于日处理量 32000m³)。到 1981 年,美

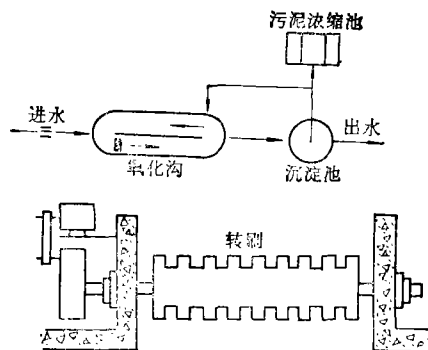


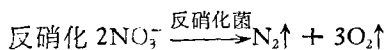
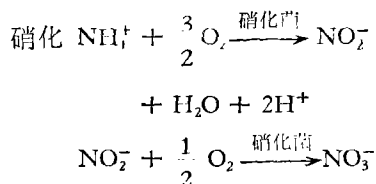
图 1 氧化沟工艺流程及其曝气转刷

国和加拿大共建成氧化沟 500 多座^[1], 单以美国密苏里州计, 今后数年(1982 年资料)将计划修建 200 多座氧化沟^[2]。氧化沟的简单工艺流程和曝气转刷示意如图 1 所示。

一、氧化沟工作的新概念

氧化沟沟中污泥量大(3—8g/l), 适宜于处理有机物负荷和水力负荷波动较大的废水, 由于池体容量大, 污水的停留时间长, 即使气温较低的地方也可采用, 所要求技术管

理水平不高。氧化沟处理效果较好,是比较理想的二级处理方式,一般 BOD_5 去除率可达 90—98%。氧化沟内尚可完成氨氮和有机氮的硝化,操作控制得当还可出现反硝化^[2,3]。据报道,添加适当的化学药剂还可除去废水中的磷,但需严格控制 pH 值,一般 pH 值以 9—9.5 为宜。氧化沟硝化和反硝化反应过程如下:



当硝化在沟的某一部分发生,允许反硝化在沟的其它部分发生,反硝化产生的氧气可以重复利用,其结果是既节省了动力,又减少了处理后出水中的总氮数量,工作情况如图 2 所示。

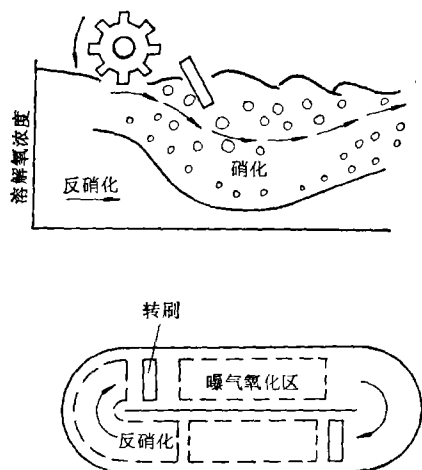


图 2 氧化沟内硝化与反硝化

值得注意的是,总氮数量减少虽然可以进一步减轻污染,但氮素跑掉,其剩余污泥和污水不利于农灌。

众所周知,一般生物处理总是在暖和季

节处理效果较好,但是由于氧化沟有机物污泥负荷 (F:M) 较低,低温时即使生物活动减退,但包括硝化菌在内的菌落出现,可以补偿由于其它微生物活动减退带来的损失。加上氧化沟控制的污泥停留时间 (SRT) 长,混合液污泥浓度 (MLSS) 高,有效的曝气和混合,即使冬季也能保证硝化作用的进行。

二、氧化沟新的充氧混合方式

氧化沟一般采用曝气转刷充氧,转刷的种类很多,计有转笼式转刷 (Cage Rotor)、开森纳转刷 (Kesseller Rotor)、蒙莫斯转刷 (Mammoth Rotor)、角钢型转刷 (Angle-iron Rotor)、奥巴转刷 (Orbal Rotor)、玛勒转刷 (Magna Rotor) 及微型玛勒转刷 (Mini-Magna Rotor) 等^{[1][4]}。将其中三种常用的转刷之充氧性能及其动力消耗示于图 3, 供设计氧化

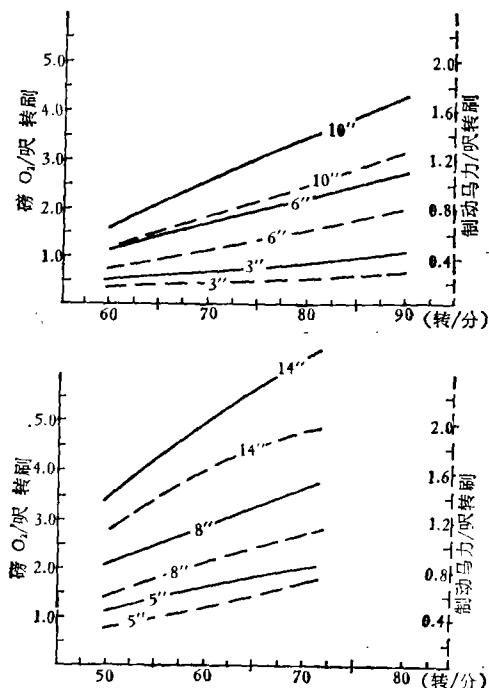


图 3 Cage、Mini-Magna 和 Magna 转刷性能
上图——Cage、Mini-Magna 转刷: 供 O_2 (标准条件) 与动力消耗 (转刷直径 28 英寸)
下图——Magna 转刷: 供 O_2 (标准条件) 与动力消耗 (转刷直径 42 英寸)
图中曲线属不同浸没深度 (以英寸计)

沟时参考。

Magna 转刷和 Mammoth 转刷类似,其叶片固定在支撑管上(Magna转刷的支撑管直径为 14 英寸),两端带防溅水板,转轴可以拆卸,Magna 转刷的叶片强度较高,可在冬季结冰的地方使用,也不用担心沟中浮块等障碍。

近来有人设计采用浮动式转刷,可以随沟中水面涨落而保证转刷叶片的浸没深度,从而保证其充氧效果。还有氧化沟不仅使用转刷,也使用鼓风曝气加上横向混合,甚至单独鼓风曝气,一方面曝气充氧,一方面推动水流于沟中循环流动,其效果不低于转刷。

三、氧化沟新工艺设计

这是 1982 年在美国圣路易斯市召开的

水污染控制协会年会上报告的^[2],称之为革新性的污水处理系统,笔者参加了这次会议。该处理系统的特点是在氧化沟内设置沉淀池,并采用低速混合鼓风曝气系统。新工艺在美国密苏里州的 Jackson 县,经过近两年的时间试验运行证明是可靠的。发明人称该处理系统设备简单,费用低廉,出水水质好。当时已有十几个城市正在或准备采用这一新工艺。该处理工艺获得美国国家奖赏。

1. 新工艺的演变过程

最初准备投资 120 百万美元用来处理 Jackson 县地区的城市生活污水(日处理水量 15 万米³),按 1976 年原方案(图 4-a)需投资 55 百万美元。1980 年改进原方案(图 4-b),仅需 35 百万美元。1981 年考虑进一步节省

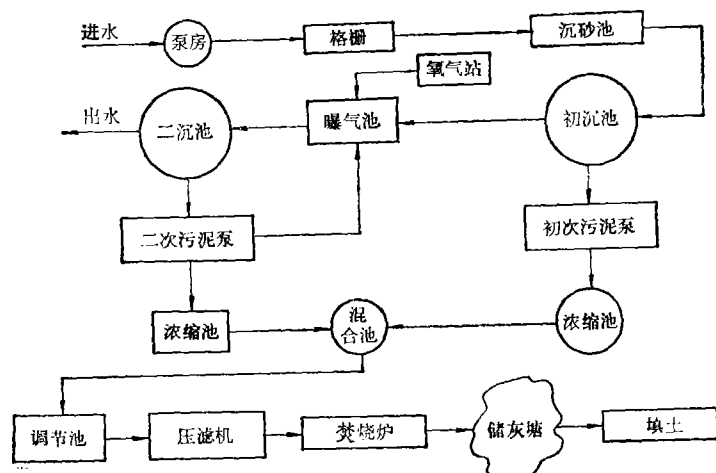


图 4-a 1976 年原设计方案流程

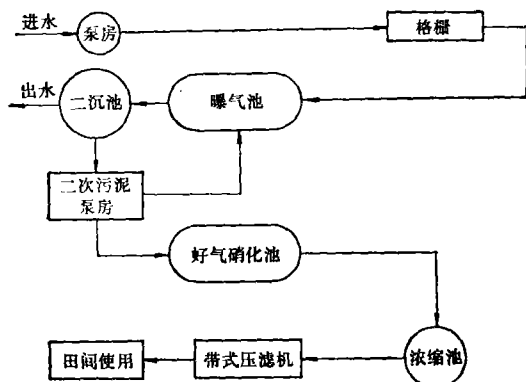


图 4-b 1980 年设计方案流程

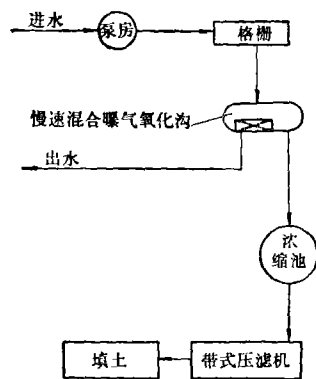


图 4-c 1981 年新设计方案流程

投资,又在 1980 年方案的基础上设计取消分离式沉淀池、污泥回流泵房、污泥硝化池和污泥干化场,并将普通氧化沟曝气停留时间 24 小时缩短到 6—10 小时,这就是革新的废水处理系统 (Innovative Wastewater Treatment System) (图 4-c)

2. 新方案的特征

新方案先是一个示范性的处理厂,采用容积为 1211m^3 的氧化沟,沟深为 1.82m。混合与曝气在沟的一侧进行,沉淀池在沟的另一侧设置,沉淀区部分较深,为 3.65m,沉淀池的挡板以下 1.52m。潜水泵置于氧化沟中,用于排泥和排水(见图 5)。

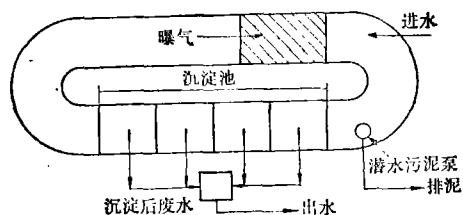


图 5 新工艺氧化沟与内沉淀池

新工艺较为突出的特点是它的沉淀池和混合曝气系统。沉淀池前后板横跨设置在沟中,居于氧化沟中深而宽的部位,底部有挡板允许水流自下而上通过(向上流),污泥在沉淀区中沉降,通过挡板开口自动回流到氧化沟中,出水通过沉淀区上部淹没穿孔管引出。

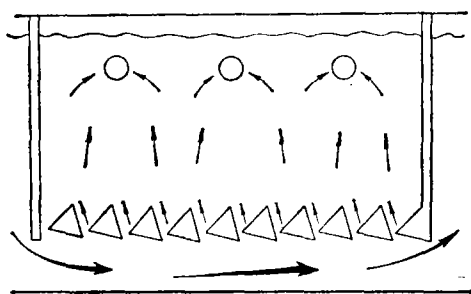


图 6 氧化沟内沉淀池断面

沉淀池的水力条件较好,沉淀池底部挡板呈条状悬挂于沉淀区下面,水流以紊流方式进入,沉淀下来的污泥再经 60° 的斜面下滑进入氧化沟,紊流可以保持各挡板清洁无堵,水流一经进入沉淀区,紊流便立即消失。成功的沉淀池取决于沉淀区上升流速,该上升流速是沉淀池出水流量与沉淀区表面面积的函数。如果污泥的沉降速度超过沉淀区的水流上升流速,便能取得理想的沉降效果。图 6 示沉淀池的断面结构。

试验研究中用的曝气系统有两种方案,其中一种方案是采用 1.82m 直径的 U 型管,由鼓风机供给空气,结构固然简单,但动力效率不十分满意,如图 7 所示。

后来改用低速混合鼓风机曝气系统,改进后的充氧混合方式的特点是:(1)由于曝气管置于沟底,提高了氧的浓度梯度,增加了输氧推动力;(2)新方案除鼓风机曝气外辅以机械混合,增加了气液界面的紊流程度;(3)气泡在混合液中接触停留时间增长,有利于提高氧的转移率;(4)气泡通过扩散管可以变得细小,使得单位容积液体的气液界面增加;(5)改善扩散管类型和位置等措施,均有利于对氧化沟中混合液供氧。试验结果表明,改进后的曝气系统输氧效率为 $0.81-0.86\text{kgO}_2/\text{马力}\cdot\text{小时}$,而采用 U 型管曝气其输氧效率仅为 $0.49-0.54\text{kgO}_2/\text{马力}\cdot\text{小时}$ 。氧化沟的

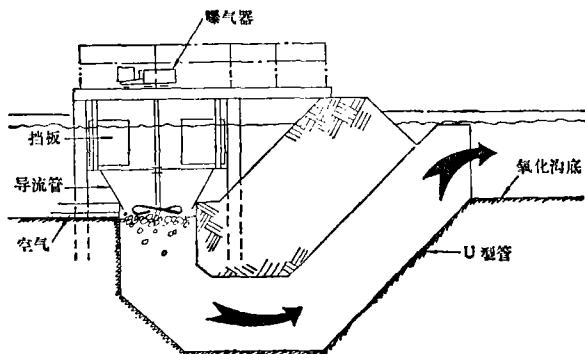


图 7 氧化沟 U 型管鼓风机曝气系统

低速混合鼓风曝气系统如图 8 所示。

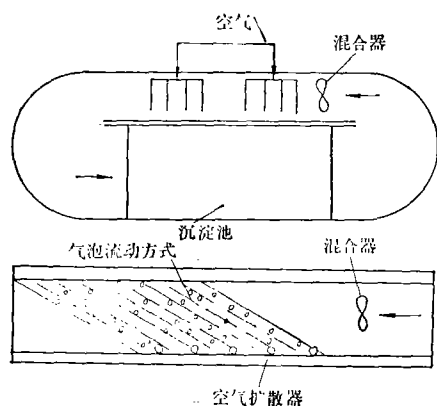


图 8 氧化沟的低速混合鼓风曝气方式

新型氧化沟的另一重大改进是将原示范性氧化沟的沟内流速 0.15m/s ，提高到 0.3m/s ，大大改善了系统工作效率。

3. 新型氧化沟的排泥及其它工艺参数

污泥直接从氧化沟排除，对给定的污泥停留时间 SRT ，每日排泥量为

$$Q_w = \frac{X \cdot V}{SRT \cdot X_w}$$

因为直接从沟中排泥，故简化后公式为

$$Q_w = \frac{V}{SRT}$$

式中， Q_w ——日排泥量(m^3/d)

X ——沟中混合液浓度(kg/m^3)

V ——沟容积(m^3)

X_w ——排泥浓度(kg/m^3)

该操作方法简便，不需测定沉淀池池底污泥浓度，易于控制污泥停留时间 SRT (日)。

试验推荐的 SRT 为 5—9 日范围内，否则污泥沉降效果不好。污泥沉降速度随污泥浓度 ($MLSS$) 增加而降低，如果沉淀速度低于沉淀池上升流速，则必须排泥，以降低污泥浓度，从而提高污泥沉降速度，保证沉降效果。试验发现沉淀池的沉降区过流率 (SOR) 取决于污泥指数 (SVI) 和 SRT 。当 SVI 为 50—60 时， SRT 为 5—9 日，过流率 SOR 为

$88.85\text{m}^3/\text{m}^2$ 日时，便能取得满意的沉降效果。

四、氧化沟的建造与运行管理

通常氧化沟结构简单，建造容易，一般仅占其它二级处理厂投资的 20—30%。目前氧化沟分浅型和深型两种，前者仅 4—7 呎深，简单开挖沟渠能闭合循环就行，一般少配或不配钢筋。后者可达 12 呎深，采用钢筋砼结构^[5,6]。氧化沟一般不需要预处理沉淀池和调节池，也无需一般处理厂的污泥消化池。

氧化沟的维护管理简单，美国小城镇氧化沟平均为 1 人管理，由于机械化和自动化程度较高，也不需要值班看守，只需定期检测、记录和调整即可。转刷齿轮每周上油一次，齿轮变速箱一年维修 3 次。曝气转刷也不像其它曝气叶轮需要经常清理。

目前我国某些地方已开始使用氧化沟，鉴于氧化沟结构简单，容易修建，投资不高，运行效果满意，也不需要复杂的维护管理，在我国有一定的推广使用前景。

参 考 文 献

- [1] Lakeside Equipment Corporation, Rotor Aeration in Oxidation Ditch, Bulletin 143, Bartlett, Illinois, U. S. A.
- [2] Burns & McDonnell, Innovative Wastewater Treatment System, Eliminates Equipment, Produces High Quality Effluent with Dramatic Cost Savings, Water Pollution Control Federation Conference, 1982.
- [3] Ross E. McKinney, Data Evaluation for the Design and Operation of Activated Sludge Plants, University of Kansas, 1982.
- [4] 重庆建筑工程学院 邓荣森, 国外公害防治, 3, (1977).
- [5] Water & Wastes Engineering, 12(1), (1976).
- [6] 西德 Das Ledor, No. 10, 201—211(1972).